



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MORFOMETRIA DOS GLÓBULOS DE GORDURA DO LEITE DE CABRAS
ALPINAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA AMBIENTE E DOS NÍVEIS DE
ENERGIA NA DIETA

David Kleberson Rodrigues de Azevedo

AREIA-PB

2018

David Kleberson Rodrigues de Azevedo

**MORFOMETRIA DOS GLÓBULOS DE GORDURA DO LEITE DE CABRAS
ALPINAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA AMBIENTE E DOS NÍVEIS DE
ENERGIA NA DIETA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia, Área de concentração em Produção Animal.

AREIA-PB

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: "MORFOMETRIA DOS GLÓBULOS DE GORDURA DO LEITE DE CABRAS ALPINA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA AMBIENTE E DOS NÍVEIS DE ENERGIA NA DEITA"


AUTOR: David Kleberson Rodrigues de Azevedo

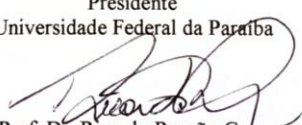
ORIENTADOR: Roberto Germano Costa


JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:


Prof. Dr. Roberto Germano Costa
Presidente
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. Ricardo Romão Guerra
Examinador
Universidade Federal da Paraíba


Dra. Beatriz Dantas Oliveira Fernandes
Examinadora
PNPD

Areia, 24 de agosto de 2018.

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A994m Azevedo, David Kleberson Rodrigues de.
Morfometria dos glóbulos de gordura do leite de cabras
alpinas em função da temperatura ambiente e dos níveis
de energia na dieta / David Kleberson Rodrigues de
Azevedo. - Areia, 2018.
33 f. : il.

Orientação: Roberto Germano Costa.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. caprinos, estresse térmico, lipídios, nutrição. I.
Costa, Roberto Germano. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus por tudo que sou e tudo que tenho, pelo meu respirar, o meu tocar e sentir, pela família abençoada, meus amigos, colegas e todos que encontro em minha volta.

Agradeço a meus pais por todos seus ensinamentos e esforços que foram dados ao longo do caminho, fazendo até o impossível para que não me falte nada.

Agradeço ao meu orientador Roberto Germano Costa pela orientação e oportunidade concedida ao longo dessa dissertação. Agradeço a Neila Lidiany Ribeiro pela grande ajuda e colaboração, na qual tenho imensa gratidão, principalmente, pela paciência e dedicação que transmitiu, essencial para a continuidade do meu trabalho.

Agradeço aos professores que passaram ao longo do meu caminho, onde apesar de toda desvalorização que a categoria enfrenta no decorrer dos anos pelos governantes, ainda sim, tem como prazer passar o conhecimento que a eles foram adquiridos aos seus respectivos alunos.

Agradeço ao Professor Ariosvaldo e Mikael pelo auxílio na construção do trabalho e as dúvidas esclarecidas ao decorrer do tempo para uma melhor compreensão. Agradeço a Fabrício, Talma, Alma, Elton, Wellinton, Aline e os demais membros da equipe do Professor Roberto, pelo auxílio e dedicação na qual me foi dada. Agradeço ao Professor Ricardo Guerra pelo laboratório cedido para fazer minhas análises. Também agradeço ao Técnico do laboratório Edjânio pelo ensinamento do uso dos equipamentos. Agradeço aos colegas e amigos os compartilhamentos de saberes, os passeios e conversas distraídas, que nos fortalece no decorrer do nosso dia.

Agradeço a professora Tatiane Santi Gadelha pelo conhecimento passado e o fornecimento do laboratório e todo suporte fornecido enquanto estava trabalhando por lá. Agradeço também a toda sua equipe que fez o impossível para me ajudar, principalmente, a Paula Perazzo que esteve comigo em todos os procedimentos que testamos, ensinando e repetindo os procedimentos todas as vezes que solicitada e também ao técnico seu Bené pelo auxílio nas atividades sempre que solicitado.

Agradeço a minha namorada e toda sua família, me aparando de todas as maneiras, me dando suporte e acreditando em mim.

Enfim, só tenho a agradecer a Deus por todos vocês fazerem parte da minha vida. Tudo foi um processo de aprendizagem na qual continuarei me dedicando para me aperfeiçoar e poder passar para as outras pessoas o melhor de mim.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	8
2. Revisão de literatura	10
2.1 Lipídios do leite	10
2.2 Origem dos Glóbulos de Gordura do Leite	11
2.3 Membrana do glóbulo de gordura de gordura do leite (MGGL)	12
2.4 Fatores que alteram o tamanho e a quantidade dos glóbulos de gordura do leite.....	14
2.4.1 <i>Temperatura e tecnologias imposta</i>	17
2.4.2 <i>Dieta e Energia na dieta</i>	18
3. Material e Métodos.....	19
3.1 Local do experimento e animais	19
3.2 Dietas	20
3.3 Amostragem e análise do leite	22
3.4 Análise estatística.....	23
4 Resultados	23
5 Discussão	25
6 Conclusões.....	26
7 Referências.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Média de tamanho e porcentagem da quantidade dos GGL de diferentes espécies.....	15
Tabela 2.	Composição percentual e bromatológica das dietas experimentais.....	21
	Valor da significância da temperatura, dieta e interação (temperaturaxdieta) para a produção de leite, gordura e parâmetros do GGL de caprinos da raça Saanen submetidos a duas temperaturas e três níveis de energia na dieta.....	24
Tabela 4.	Média e desvio padrão da produção de leite, gordura e dos parâmetros do GGL de caprinos da raça Saanen submetidos a duas temperaturas.....	24
Tabela 5.	Média e desvio padrão da produção de leite, gordura e dos parâmetros do GGL de caprinos da raça alpina submetidos a três diferentes dietas.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Secreção do Glóbulo de Gordura do Leite.....	12
Figura 2.	Membrana do Glóbulo de Gordura do Leite.....	13
Figura 3.	Câmara climática utilizada no experimento.....	19
Figura 4.	Glóbulos de Gordura do Leite de cabras observado por microscopia fluorescente com ampliação 40x.....	22

Morfometria dos glóbulos de gordura do leite de cabras alpinas em função da temperatura ambiente e dos níveis de energia na dieta

Resumo: Objetivou-se com esse estudo verificar se a temperatura ambiente e os níveis de energia na dieta influenciam as características morfométricas dos glóbulos de gordura do leite de cabras. O experimento foi conduzido na Unidade de Pesquisa em Bioclimatologia Animal da Universidade Federal da Paraíba, Campus de Areia, Estado da Paraíba, Brasil. Foram utilizadas 12 cabras multíparas pardo alpina com idade média de $4,02 \pm 1,78$ anos, peso vivo $41,8 \pm 4,59$ kg, produção média de $2,16 \pm 0,59$ kg de leite. O delineamento experimental é um crossover do tipo 2x3 (2 temperaturas e 3 dietas), sendo as duas temperaturas: T1 = 26 °C (termoneutra) e T2 = 34 °C (estresse) e 3 níveis de energia na dieta (baixa, média e alta). O experimento foi conduzido em dois períodos de 20 dias. A partir da dieta basal foi aplicado uma restrição quantitativa na oferta de ração para o tratamento de baixa energia, bem como, foi formulada a dieta para o tratamento de alta energia. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando diferenças significativas, para o nível de 5% de probabilidade, através do PROC GLM do SAS (2003). Os dados foram submetidos a uma análise de interação e observou-se que não houve interação significativa ($P > 0,05$) para as variáveis estudadas considerando temperatura x dieta, dessa forma os efeitos foram trabalhados separados. A produção de leite, gordura, quantidade de GGL e classificação (pequeno, médio e grande) não apresentaram efeito significativo de temperatura ($P > 0,05$). Já a variável diâmetro apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para temperatura. A gordura do leite, diâmetro e a quantidade de GGL como também a porcentagem de GGL pequeno sofreram influência da dieta ($P < 0,05$). A temperatura ambiente e os níveis de energia da dieta interferem no diâmetro dos glóbulos de gordura do leite de cabras e ocorre uma maior concentração de glóbulos de tamanho pequeno (abaixo de 2,0 μm), sendo considerado uma característica importante na digestibilidade e na qualidade do leite de cabra.

Palavras-chave: caprinos, estresse térmico, lipídios, nutrição

Morphometry of milk fat globules of alpine goats as a function of ambient temperature and dietary energy levels

Abstract: The objective of this study was to verify if the ambient temperature and dietary energy levels influence the morphometric characteristics of goat milk fat globules. The experiment was conducted at the Animal Bioclimatology Research Unit of the Federal University of Paraíba, Campus de Areia, State of Paraíba, Brazil. Twelve alpine brown multiparous goats with a mean age of 4.02 ± 1.78 years, live weight 41.8 ± 4.59 kg, average production of 2.16 ± 0.59 kg of milk were used. The experimental design was a 2x3 type crossover (2 temperatures and 3 diets), with the two temperatures: T1 = 26 °C (thermoneutra) and T2 = 34 °C (stress) and 3 levels of energy in the diet (low, medium and high), The experiment was conducted in two 20-day periods. From the basal diet, a quantitative restriction was applied in the supply of ration for the treatment of low energy, as well as, the diet was formulated for the treatment of high energy. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and the averages were compared by the Tukey test, considering significant differences, at the 5% level of probability, through PROC GLM of SAS (2003). The data were submitted to an interaction analysis (Table 3) and it was observed that there was no significant interaction ($P > 0.05$) for the studied variables considering temperature x diet, in this way the effects were worked separately (Table 4 and 5). Milk production, fat, GGL amount and classification (small, medium and large) had no significant effect of temperature ($P > 0.05$). The diameter variable had a significant effect ($P < 0.05$) for temperature (Table 4). Milk fat, diameter and amount of GGL as well as the percentage of small GGL were influenced by diet ($P < 0.05$) (Table 5). Ambient temperature and dietary energy levels interfere with the fat globule diameter of goats' milk and there is a higher concentration of small globules (below 2.0 μ m) and is considered an important characteristic in digestibility and quality of goat's milk.

Keywords: goats, , lipids, nutrition, thermal stress

1. Introdução

A caprinocultura representa uma atividade pecuária importante para a maioria dos países, porém está mais concentrada nas regiões tropicais e ou semiáridas. A exploração dos caprinos para leite tem crescido, porque além do leite ser considerado um produto de alto valor nutritivo, os caprinos têm a capacidade de se adaptar a condições criatórias variáveis, podendo proporcionar a famílias de baixa renda familiar, e a população em geral, uma melhoria do nível nutricional da dieta (Ribeiro & Ribeiro, 2001).

O leite é um dos alimentos mais consumidos no mundo, sendo de grande importância para a vida humana, pois ele é rico em nutrientes (proteína, gordura, vitamina, sais minerais, carboidratos) e possui alta digestibilidade. Além de apresentar propriedades bioquímicas que favorecem seu valor nutricional, sendo recomendado para crianças, particularmente para aquelas intolerantes ao leite de vaca, para pessoas com doenças gastrointestinais, ou mesmo como suplemento para pessoas idosas e mal nutridas. Embora o leite aparente ser um líquido homogêneo, estruturalmente é uma mistura bastante complexa de componentes (água, gordura, vitamina, lactose, entre outros) (Pellerin, 2011). De acordo com Amigo e Fontecha, (2011) tem havido um interesse crescente em leite de cabra e produtos lácteos de cabra em todo o mundo devido ao seu alto conteúdo nutricional e benefícios para a saúde.

Os lipídios encontrados no leite são uma classe de moléculas com diferentes funções, sendo uma importante fonte de energia para as crias. Cerca de 3,5 a 6,0% do leite é constituído de lipídios (German, 2011). Os lipídios do leite estão presentes como glóbulos de gordura do leite (GGL) que são rodeados por uma membrana biológica (MGGL) (Zou et al., 2015). Essa membrana possui muitos compostos ativos que contribuem para a saúde humana, a exemplo de proteínas, ácidos graxos, peptídeos, lipídios entre outros componentes (Bauman et al., 2006)

Os GGL das espécies animais variam consideravelmente de tamanho e quantidade, o que pode ser afetado por vários fatores, tais quais: espécie (Yao et al., 2016), raça (Martini et al., 2003; Carroll et al., 2006), dieta (Mesilati-Stahy et al., 2015; Argov-Argaman et al., 2016), temperatura (Nguyen et al., 2016), estágio de lactação (Martini et al., 2013) e hormônios (Ollivier-Bousquet, 2002). A distribuição dos GGL depende das técnicas de medição empregadas: temperatura, homogeneização, conservação e contato com reagentes, que podem alterar a estrutura da MGGL (Walstra, 1969), levando à quebra ou agregação dos GGL (Scolozzi et al., 2003).

O tamanho do GGL pode afetar as propriedades funcionais e nutricionais do leite, bem como a composição dos ácidos graxos (Lopez et al., 2008) além disso, afeta as propriedades tecnológicas e sensoriais e a qualidade nutricional dos produtos lácteos, pois o mesmo interfere no amadurecimento, suavidade e estrutura do queijo, bem como na estabilidade dos produtos lácteos, sendo de grande importância para as indústrias e saúde (El-Zeini et al., 2006; Lopez et al., 2011; Martini et al., 2016).

A organização dos componentes lipídicos pode ser sensível à temperatura e à taxa de mudança de energia, afetando o número, o tamanho e a forma dos domínios lipídicos (Nguyen et al., 2016). Desta forma, Objetivou-se com esse estudo verificar se a temperatura ambiente e os níveis de energia na dieta influenciam as características morfométricas dos glóbulos de gordura do leite de cabras.

2. Referencial Teórico

2.1 Considerações Iniciais

A fração lipídica das membranas dos glóbulos de gordura do leite (MGGL) pode ser considerada como uma fonte alternativa valiosa de componentes bioativos e vem sendo explorada e estudada como fonte potencial de ingredientes funcionais em relação aos seus ácidos graxos essenciais, vitaminas lipossolúveis e fosfolipídios. Tem havido um progresso na utilização dos glóbulos de gordura do leite como ingrediente em formulações funcionais de alimentos (Mezouari et al., 2009). Martini et al., 2013 explica que as características dos glóbulos de gordura afetam a qualidade do leite e os parâmetros digestivos. Além disso, o tamanho dos glóbulos afeta a aptidão para a fabricação de queijos, as características organolépticas e a qualidade dos queijos, enfatizando que as membranas dos glóbulos de gordura são benéficas para a saúde humana, principalmente em termos de componentes lipídicos e proteicos.

Estudos comprovam que muitos componentes da MGGL estão envolvidos nas funções metabólicas de cada indivíduo como também tem participação na prevenção e auxílio na redução de muitas doenças, a exemplo da Butirofilina (BTN) que modula a resposta de células T encefalitogênicas e previne ou suprime as manifestações clínicas da encefalomielite alérgica (Riccio, 2014., Dewettinck et al., 2008).

2.2 Lipídios do leite

Das biomoléculas celulares, os lipídios são os menos conhecidos, em comparação com os polinucleotídeos (DNA e RNA), proteínas, ácidos orgânicos ou açúcares. Na composição do leite de mamíferos, os lipídios evoluíram como um grupo diversificado de biomoléculas altamente funcionais (German, 2011). A retenção da produção lipídica do leite através da evolução da lactação em mamíferos implica que esta estrutura é de considerável valor nutricional para as crias (Argov-Argaman et al., 2010).

Os lipídios estão presentes no leite como agregados multimoleculares dispersos com uma variedade de lipídios complexos em sua superfície. Dos componentes do leite, os lipídios são uma classe de moléculas com diferentes funções e importante fonte de energia, promovendo uma vida mais ativa para o desenvolvimento das atividades diárias. Cerca de 3,5 a 6,0% do leite é constituído por lipídios (German, 2011).

Os lipídios do leite são derivados de triglicerídeos (TAG) (98%). Esses são compostos por três ácidos graxos em ligação covalente a uma molécula de glicerol por pontes éster de colesterol (CHE) contendo gotículas de lipídios citoplasmáticos (GLC) por um processo de secreção não tradicional em que as GLC formadas no retículo endoplasmático (RE) são transportadas para a membrana plasmática apical (MPA) e são liberadas no lúmen alveolar como estruturas conhecidas por glóbulo de gordura do leite (GGL) (Mcmanaman et al., 2007).

2.3 Origem dos Glóbulos de Gordura do Leite

O GGL é primariamente um núcleo de triacilglicerídeos (tri-éster) oriundo da combinação do glicerol (um triálcool) com ácidos graxos, no qual as três hidroxilas (do glicerol) sofreram condensação carboxílica com os ácidos sintetizados no retículo endoplasmático (RE) da célula epitelial mamária (Bauman et al., 2006). Os precursores dos GGL são formados no RE de células epiteliais mamárias e são liberados no citosol como gotículas lipídicas cercadas por uma camada de proteínas e uma monocamada de fosfolipídios. Os triglicerídeos no núcleo dos GGL são sintetizados no RE rugoso, se acumulam em domínios ricos em triglicerídeos e são então, liberados como gotículas discretas no citoplasma, revestidos com lipídios polares e proteínas derivadas do RE. Após a secreção no leite, alguns GGL podem fundir uns com os outros, resultando em um aumento no diâmetro (Deeney et al., 1985; Zamora et al, 2009; Singh, 2017). O GGL é envolvido por uma membrana fina chamada membrana do GGL (MGGL) (Figura 1).

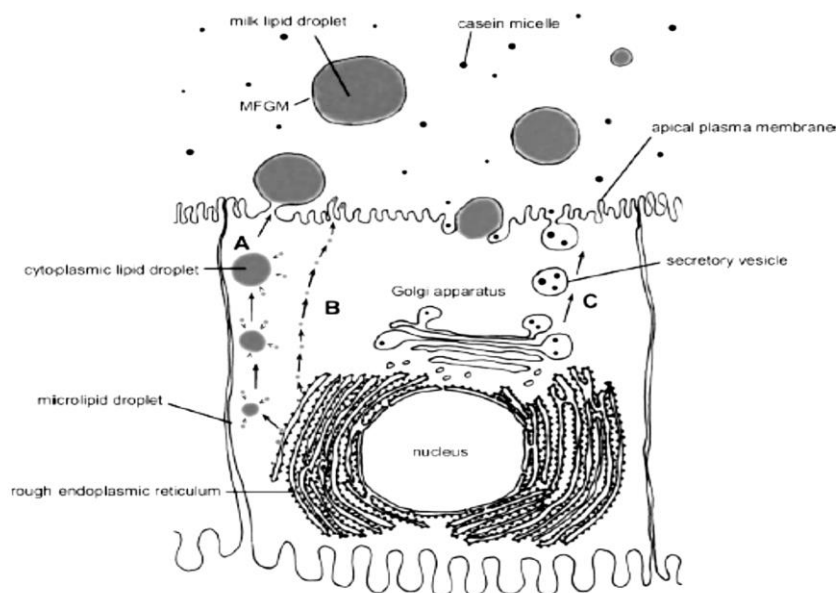


Figura 1. Secreção do Glóbulo de Gordura do Leite (Adaptado de Mather e Keenan, 1998)

Acredita-se que a gordura do leite seja sintetizada como GGL de 0,1 a 15 μm na superfície do RE das células secretoras das glândulas mamárias. A gordura do leite geralmente é de cerca de 3 a 6% do leite total (Holmes et al., 2003) e existem glóbulos esféricos de lipídios dentro da fase sérica. Mais de 95% da gordura total no leite está presente na forma de GGL (Keenan & Dylewski, 1995; Haramisu et al., 2014; Argov-Argaman, 2016). A aplicação de microscopia eletrônica, técnicas de clonagem bioquímica e molecular e tecnologias de focagem gênica levaram a um melhor entendimento sobre a origem intracelular de GGL e a função de identidade e potencial das proteínas da MGGL na secreção lipídios-leite (Bauman et al., 2006).

2.4 Membrana do glóbulo do leite (MGGL)

A MGGL é uma mistura complexa formada principalmente por proteína e lipídio, incluindo quantidades significativas de colesterol, fosfatidilcolina e esfingomiéline (German & Dillard, 2006; Lopez et al., 2011). Da camada mais interna para a mais externa observa-se primeiramente uma monocamada composta por lipídios

polares e proteínas envolvendo o GGL, em seguida uma cobertura proteica eletrodensa e uma bicamada de lipídios polares proteínas (Figura 2).

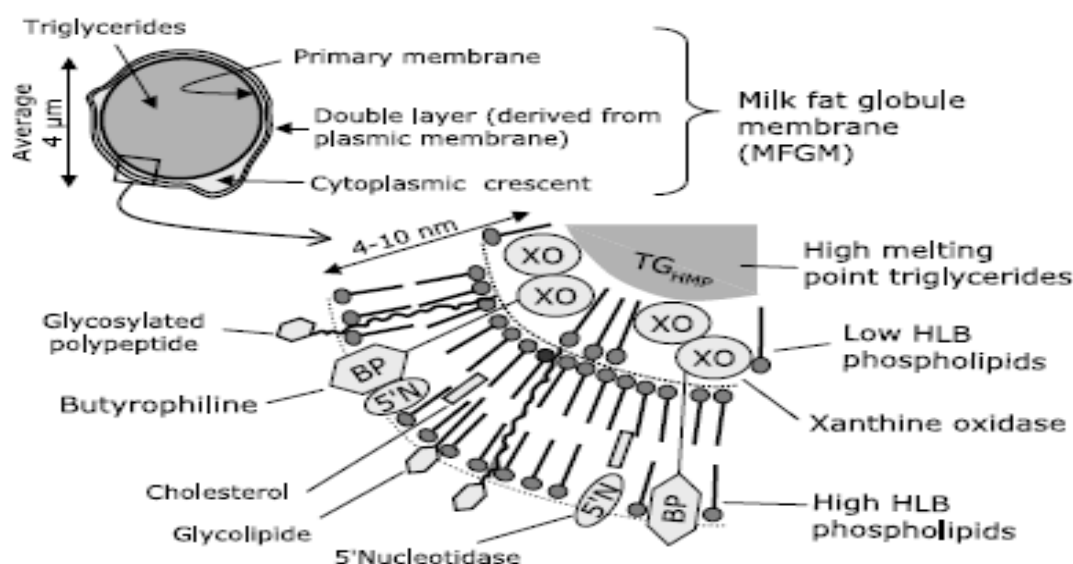


Figura 2. Membrana do Glóbulo de Gordura do leite (Michalski et al., 2002).

A MGGL atua como um agente emulsionante natural, evitando a floculação e coalescência do GGL e protegendo a gordura contra a ação enzimática, alguns deles estão evidentemente envolvidos na formação do GGL (Heid & Keenan, 2005; Zamora et al., 2009). Há evidências crescentes para o papel importante dos componentes da MGGL no desenvolvimento do intestino neonatal e sistema imunológico e no fornecimento de proteção antiviral e antimicrobiana. Além disso, a longo prazo, o alto teor de glicerolipídios pode contribuir de forma significativa para o desenvolvimento do sistema nervoso (Dewettinck et al., 2008; Lopez, 2011; Wooding & Mather, 2017).

O material que forma a MGGL é originário de regiões da membrana plasmática (MP) apical do RE e também de outros compartimentos intracelulares. A parte da MGGL proveniente da MP apical tem uma aparência típica da bicamada e possui um material denso de elétrons na face interna da membrana. O material derivado do RE tem a aparência de uma monocamada de proteínas e lipídios polares que cobre os lipídios centrais ricos em triacilglicerois do GGL antes da secreção (Heid & Keenan, 2005).

A proteína é um dos componentes encontrados na MGGL, embora representem apenas 1-4% das proteínas totais do leite. Existem várias proteínas identificadas no leite das diversas espécies que são essenciais na participação da secreção do leite como também auxilia nas funções benéficas que os GGL promovem

na saúde humana (Evers, 2004; Keenan & Mather, 2006; Dewettinck et al., 2008). A composição e estrutura da MGGL sofre influência de diversos fatores, mas pode-se dizer que, em geral, ela é constituída em torno de 25% de proteínas, principalmente glicoproteínas, e 70% de lipídios, destes em torno de 55-70% são lipídios neutros e 45-30% lipídios polares (Fong et al., 2007).

Pesquisas demonstram que a gordura do leite está inserida na MGGL, a qual possui inúmeros componentes que inseridos na alimentação auxiliam na melhoria de várias funções, adequando e estimulando a saúde. Os componentes da MGGL atuam como agente emulsionante para os lipídeos na fase aquosa, e muitas de suas proteínas estão envolvidas em uma ampla gama de funções biológicas, como a inibição da adesão de patógenos e a participação na defesa antimicrobiana (Mana et al, 2004; Smolenski et al., 2007). A MGGL inserida na suplementação ainda promove o desenvolvimento epitelial intestinal e microbioma e confere proteção significativa contra estímulos inflamatórios nocivos (Bhinder et al., 2017)

O desenvolvimento intestinal adequado facilita o desenvolvimento geral do recém-nascido, mas também é importante na defesa apropriada contra estímulos nocivos. Isto é particularmente importante para crias prematuras que nascem com um trato gastrointestinal imaturo, deixando-os suscetíveis às infecções e enterocolite necrotizante (Schnabl et al., 2008). Hernell et al. (2016) relataram que a suplementação de MGGL parece ser segura a partir da primeira semana de vida em lactentes, proporcionando uma oportunidade para complementar a fórmula infantil com o objetivo de reduzir a diferença no desempenho entre lactentes amamentados e alimentados com fórmulas.

2.5 Fatores que alteram o tamanho e a quantidade dos glóbulos de gordura do leite

Os GGL variam consideravelmente de tamanho e quantidade, o que pode ser afetado por fatores, incluindo espécie (Mehaia et al., 1995), raça (Martini et al., 2003; Carroll et al., 2006), estágio de lactação (Mulder & Walstra, 1975; Walstra, 1995); paridade (Martini et al., 2004), dieta (Wiking et al., 2003) e hormônios (Ollivier-Bousquet, 2002). Estudar as causas e medidas que interferem no tamanho e quantidade dos GGL é essencial para uma melhor compreensão (Tabela 1).

O leite de cabra é um dos mais consumido do mundo, muitos de seus componentes não têm diferença significativa do leite de vaca. Porém o leite de cabra

contém quantidade maior de gordura total, incluindo níveis mais elevados de ácidos graxos insaturados benéficos à saúde, apresentando melhor digestibilidade, alcalinidade, capacidade de armazenamento e certos valores terapêuticos (Haenlein & Caccese, 1984; Park & Chukwu, 1989; Park, 1994). A gordura é a fonte de energia mais importante no leite de cabra e sua concentração está em torno de 4,0% em média e os GGL possuem tamanho menor (3,5 μm) quando comparado ao das vacas (4,5 μm). Esse tamanho menor facilita a digestibilidade do leite (Bruhu, 1992; Chadan et al., 1992; Knights & Garcia, 1997; Ceballos et al., 2009). Assim também, o tamanho do GGL podem afetar as propriedades funcionais e nutricionais do leite, bem como a composição dos ácidos graxos (Lopez et al., 2008), além disso, o menor diâmetro melhora as propriedades tecnológicas e sensoriais e a qualidade nutricional dos produtos lácteos, pois o mesmo interfere no amadurecimento, suavidade e estrutura do queijo, bem como na estabilidade dos produtos lácteos, sendo de grande importância para as indústrias lácteas (El-Zeini et al., 2006; Lopez et al., 2011; Martini et al., 2016).

O tamanho do GGL está fortemente associado à sua composição lipídica, com maior conteúdo de fosfolipídios e esfingolipídios em glóbulos pequenos em relação aos glóbulos grandes (Argov-Argaman et al., 2012). Walstra (1969) relatou que os GGL com diâmetro inferior a 1 μm representou 80% de todos os GGL, mas apenas com 5% de gordura do leite, enquanto que os GGL variando de 1 a 8 μm compreendia aproximadamente 94% de gordura. Os restantes de 1 a 2% do volume de gordura é proveniente dos GGL com diâmetro superior a 10 μm (Michalski et al., 2001) e são estabilizados pela MGGL. Não sabe se algumas gotículas menores foram segregadas ou se gotículas maiores foram quebradas durante ou após a secreção. No entanto, cada espécie de mamífero tende a acumular lipídios do leite em gotículas de um intervalo de tamanho relativamente estreito sugerindo que o tamanho é regulado (Keenan & Dylewski, 1995) (Tabela 1).

Tabela 1 Média de tamanho e porcentagem da quantidade dos GGL de diferentes espécies

Espécie	Diâmetro (μ)	Número de glóbulos mL ⁻¹	Quantidade/Tamanho (%)			Referências
			P	M	G	
Bovino	3,21	-	-	-	-	King. (1957)
Bovino	3,51	1,46x10 ⁹	36,5	41,6	21,9	Martini et al (2017)
Bovino	3,51	-	-	-	-	Attaie& Richter. (2000)
Bovino	3,51	-	-	-	-	Argov-Argaman et al. (2014)
Bovino	3,56	-	-	-	-	Ménard et al (2010)
Bovino	3,60	1,50x10 ⁹	-	-	-	Mehaia et al. (1995)
Bovino	3,60	1,50x10 ⁹	-	-	-	Karray et al (2005)
Bovino	3,60	-	-	-	-	Mesilati-Staly et al (2015)
Bovino	3,82	-	-	-	-	Couvreux et al (2017)
Bovino	3,95	-	19,0	69,0	12,0	El-Zeini et el. (2006)
Bovino	4,28	-	-	-	-	Lopez et al. (2008)
Bovino	4,55	-	-	-	-	Park et al (2007)
Bovino	4,89	-	-	-	-	Yao et al. (2016)
Bovino	5,30	3,55x10 ⁹	-	-	-	Martini et al (2003)
Búfalo	5,00	-	-	-	-	Ménard et al. (2010)
Búfalo	8,70	-	-	45,4	54,6	El-Zeini et al (2006)
Caprino	2,50	1,68x10 ⁹	-	-	-	Martini et al. (2009)
Caprino	2,76	-	-	-	-	Attaie & Richter. (2000)
Caprino	3,07	-	-	-	-	Zamora et al. (2009)
Caprino	3,10	1,90x10 ⁹	-	-	-	Mehaia et al. (1995)
Caprino	3,19	-	52,3	25,4	22,3	El-Zeini et al. (2006)
Caprino	3,49	-	-	-	-	Park et al. (2007)
Caprino	3,63	-	-	-	-	Pisanu et al. (2013)
Caprino	3,64	-	-	-	-	Yao et al. (2016)
Ovino	2,96	2,09x10 ⁹	-	-	-	Martini et al. (2010)
Ovino	2,97	2,11x10 ⁹	-	-	-	Martini et al (2012)
Ovino	3,30	-	-	-	-	Park et al. (2007)
Ovino	3,78	-	15,7	79,9	4,40	El-Zeini et al. (2006)
Ovino	3,93	3,09x10 ⁹	-	-	-	Martini et al. (2004)
Ovino	4,97	2,49x10 ⁹	-	-	-	Martini et al. (2008a)
Ovino	5,09	0,93x10 ⁹	-	-	-	Salari et al. (2018)

Segundo a FAO (1987), o tamanho médio dos GGL no leite caprino é de 2,5 a 3,5 microns, sendo que este menor tamanho facilita uma maior dispersão e uma distribuição mais homogênea da gordura, contribuindo para uma melhor digestibilidade. O leite de cabra apresenta uma maior porcentagem de GGL pequenos, sendo que 28% dos glóbulos são menores do que 1,5 microns, enquanto no leite de vaca este valor é de 10% (Le Jaquen, 1981). De acordo com Martini et al. (2009), 90% dos GGL de cabra são menores que 5 μ m. Este fato explica parcialmente a melhor digestibilidade por parte do leite de cabra quando comparado com o leite de vaca (Ribeiro & Ribeiro, 2001). O

leite de cabra é facilmente digerível, pois o seu GGL é de tamanho pequeno como também pelo tipo de aminoácido presente em sua proteína (Arora et al., 2013). Meena et al. (2014), observaram que o tamanho dos GGL diminuiu na ordem de búfalo>vaca>cabra. Já a digestão da gordura do leite de cabra é significativamente maior que a digestão da gordura do leite de vaca e búfalo. Os autores também correlacionaram a digestibilidade com o tamanho dos GGL, mostrando que a digestibilidade foi inversamente proporcional ao tamanho do GGL, ou seja, quanto menor o tamanho do GGL mais rápido é a digestão lipídica.

2.5.1 Temperatura e tecnologias imposta

Processos como a homogeneização e a pasteurização podem afetar o tamanho e a estrutura dos GGL (Pisanu et al., 2013). O aquecimento do leite durante o processamento UHT foi sugerido para diminuir a proliferação de microrganismos, inativar a atividade enzimática adversa e assim prolongar a vida útil, porém também afeta as propriedades e a composição do leite. Entretanto, a homogeneização causa uma diminuição no tamanho médio do GGL e, portanto, resulta em um aumento correspondente na área da superfície lipídica, levando à associação de proteínas do leite às superfícies recém formadas (Ong et al., 2010; Chavan et al., 2011). A homogeneização ultra-sônica tem o objetivo de reduzir o tamanho do GGL. O efeito mais significativo do tratamento ultra-sônico é o aumento da estabilidade e consistência da emulsão obtida. (Abismail et al., 1999; Karlovic et al., 2014).

Zou et al. (2015) observaram o efeito da temperatura na MGGL após o armazenamento a 4 °C e o reaquecimento à temperatura de 37°C. Relataram que os GGL se tornaram maiores e mais numerosos, quando a temperatura diminuiu para 4 °C, enquanto eles se tornaram menores quando a temperatura aumentou para 37°C. Nguyen et al. (2016) observaram que a temperatura e a refrigeração afetam o número, o tamanho e a morfologia dos GGL de búfala. Em temperaturas baixas o diâmetro é maior do que nas altas temperaturas. Os GGL são submetidos à cinética térmica e mudanças de temperatura durante o armazenamento (4-7 °C), agitação de creme (10-12 °C) e tratamento térmico (temperatura acima de 60 °C, por exemplo, pasteurização).

El-Thakafy et al. (2017) relatam que uma maneira de melhorar a compreensão da morfologia e das propriedades dos domínios lipídicos da MGGL é mudar a temperatura. Alcançando temperaturas acima da temperatura de transição de fase dos lipídios polares saturados pode-se investigar diferentes comportamentos das amostras de

leite. Comparar leite de várias espécies de mamíferos, por exemplo, búfala, cabra, ovelha, bovino, leite humano, também é uma forma de compreender a morfologia e a composição lipídica da MGGL.

Ao averiguar as MGGL *in natura* ou Ultrapasteurizado (UHT) Lu et al. (2018) verificaram que o processamento UHT altera a estrutura do GGL em termos de tamanho e número e, conseqüentemente, altera a distribuição da MGGL, na qual, o tamanho dos glóbulos no leite UHT diminuiu e o número de glóbulos aumentou substancialmente.

2.5.2 Dieta e Energia na dieta

A nutrição é o fator predominante que afeta o GGL e representa uma ferramenta prática para alterar o rendimento e a composição de ácidos graxos da gordura do leite. A explicação do porquê de certas dietas causarem uma redução específica na produção da gordura do leite tem despertado interesse de produtores e cientistas há mais de 150 anos. No entanto, avanços recentes têm melhorado a nossa compreensão das inter-relações entre componentes alimentares, processos digestivos no rúmen e a regulação da síntese mamária da gordura do leite (Bauman et al., 2006).

Lopes et al. (2008) relataram em seu estudo a diferença da quantidade e do tamanho dos GGL. Foram utilizadas dietas distintas para um grupo de vacas, aquelas que se alimentavam de linhaça tinham o creme do leite com presença de GGL maiores em relação aos que se alimentavam com silagem de milho. As distribuições do tamanho dos GGL variaram de 1,2 a 11 μm e de 0,4 a 12 μm para o creme de leite de vacas alimentadas com a dieta de ensilagem de milho e a dieta suplementada com linhaça, respectivamente. Martini et al. (2010) estudaram o efeito da relação volumoso:concentrado nas características morfológicas do GGL de ovelhas, observaram que a relação volumoso:concentrado de 60:40 ou 40:60 não apresentaram efeito significativo no diâmetro e na quantidade dos GGL. Mesilati-Stahy et al. (2015) usando duas proporções de volumoso:concentrado para vacas leiteira, observando que as vacas que consumiram dieta com proporção maior de concentrado em relação ao volumoso (65:35) apresentaram GGL menor (0,4 μm) que o diâmetro dos GGL das vacas que consumiram dieta com relação volumoso:concentrado menor (35:65). Argov-Argaman et al. (2016) mostraram que raças caprinas consumindo dietas diferentes (concentrado e forragem), possuem GGL de tamanho diferenciados. Os animais que estavam se alimentando com dieta a base de concentrado tem os GGL menores que os animais que se alimentavam a base de pastagem.

Avramis et al. (2003) observaram em vacas alimentadas com suplemento de proteína de farinha de peixe, que o GGL é menor em comparação com o grupo controle. Uma diminuição no tamanho do GGL também foi observada no leite de vacas recebendo dietas com pastagem e suplementação com concentrado de cereal em comparação com uma dieta de silagem de milho suplementada com farelo de soja (Couvreur et al., 2007). Graves et al. (2007) mostraram que a suplementação com 4% de óleo de soja não afetou a composição do leite e o GGL.

3. Material e Métodos

3.1 Local do Experimento e Animais

O experimento foi conduzido na Unidade de Pesquisa em Bioclimatologia Animal da Universidade Federal da Paraíba, Campus de Areia, Estado da Paraíba, Brasil.

Os animais foram mantidos em duas câmaras climáticas com 19,71 m² de área, e altura de 2,38 m, sendo confeccionada em chapas de aço laminado com proteção anticorrosiva e preenchimento em isopor de alta densidade, permitindo o isolamento térmico com o ambiente externo. A câmara climática era composta por iluminação interior de luz fluorescente, quanto aos sistemas de resfriamento e aquecimento foram utilizados condicionadores de ar do tipo SPLIT com capacidade de 30.000 btus. A mesma apresenta as seguintes dimensões mostradas na Figura 3, abaixo.

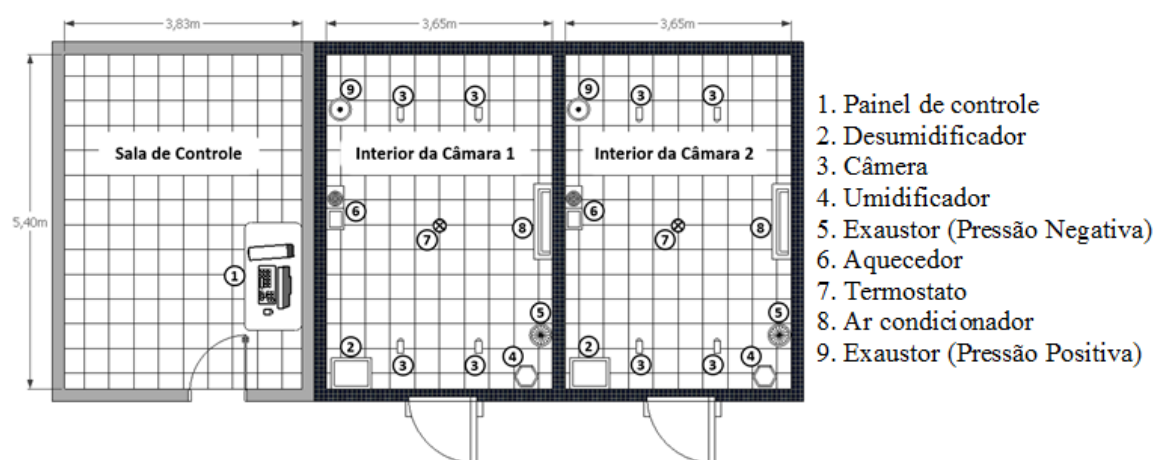


Figura 3. Câmara climática utilizada no experimento.

Para a umidificação e desumidificação foi utilizado um umidificador e desumidificador comercial. Todos estes equipamentos estavam acoplados ao sistema

de controle MT-530 PLUS da *FullGaugeControls®* que foi configurado via software SITRAD, responsável por registrar e armazenar dados de temperatura ambiente (TA) e umidade relativa (UR).

Os dados via software SITRAD foi realizada através de um termistor (TA) e um umidiostato (UR), ambos localizados em um envoltório permeável e posicionados a altura do centro de massa dos animais ($\pm 1,50\text{m}$). Já a velocidade do vento (Vv) foi medida através de manômetro digital.

Foram utilizadas 12 cabras multíparas pardo alpina com idade média de $4,02 \pm 1,78$ anos, peso vivo $41,8 \pm 4,59$ kg, produção média de $2,16 \pm 0,59$ kg de leite. Esses animais foram alojados em gaiolas metabólicas individuais de $0,6 \text{ m}^2$ de área introduzidas no interior da câmara climática, providas de comedouros e bebedouros. Todos os animais foram inicialmente pesados, identificados por meio de numeração e vermifugados contra endo e ectoparasitos.

O delineamento experimental é um crossover do tipo 2x3 (2 temperaturas e 3 dietas), sendo as duas temperaturas: T1 = 26°C (termoneutra) e T2 = 34°C (estresse) e 3 níveis de energia na dieta (baixa, média e alta). O experimento foi conduzido em dois períodos de 20 dias. Durante o primeiro período um grupo de 6 cabras foram submetidas a faixa de temperatura termoneutra, e um segundo grupo contendo as outras cabras foram submetidas a condição de estresse por calor. No segundo período, foram alternados os grupos entre as faixas de temperaturas. Em cada grupo de cabras foram ofertados os três níveis de energia na dieta.

Em cada etapa de estudo na câmara climática, os animais foram submetidos a um programa de 24 h com temperatura controlada. A luz da câmara climática era desligada automaticamente às 18h00min e novamente ligada às 06h00min horas da manhã do dia seguinte, este procedimento visou submeter os animais a um período de 12 h contínuas de luz e 12 h sem luminosidade.

3.2 Dietas

A ração fornecida aos animais era composta por feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon* L.); farelo de soja; milho moído; óleo de soja; núcleo mineral e calcário calcítico (tabela1), ofertados na forma de ração completa, duas vezes ao dia, às 8h00 e às 16h00.

A partir da dieta basal foi aplicado uma restrição quantitativa na oferta de ração para o tratamento de baixa energia, bem como, foi formulada a dieta para o tratamento de alta energia.

Tratamento média energia: A dieta foi formulada conforme recomendação do NRC (2007) para cabras no meio da lactação com produção entre 1,47 e 2,3 kg/dia, e peso vivo médio de 40,0 kg. Tratamento baixa energia: Foi ofertado a mesma dieta do tratamento de média energia, com uma restrição quantitativa de 15% da média do CMS/PV dos animais do tratamento de média energia. Tratamento alta energia: A dieta foi formulada seguindo a recomendação do NRC (2007) para os demais nutrientes, aumentando em 15% apenas os requisitos de energia metabolizável. A composição percentual e bromatológica das dietas experimentais estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Composição percentual e bromatológica das dietas experimentais.

Ingredientes (g kg ⁻¹ MS)	Níveis de energia	
	Média EM	Alta EM
Feno de tifton (<i>Cynodondactylon</i> , (L) Pers)	501	346
Milho moído	278	389
Farelo de soja	199	205
Óleo de soja	-	40
Núcleo mineral ¹	10	10
Calcário calcítico	10	10
<i>Composição química</i>		
Matéria Seca, MS (g kg ⁻¹ na dieta)	872	894
Proteína Bruta, PB (g kg ⁻¹ MS)	158	157
Extrato etéreo, EE (g kg ⁻¹ MS)	24,9	99,0
Fibra em detergente neutro, FDN (g kg ⁻¹ MS)	473	308
Nutrientes Digestíveis Totais, NDT (g kg ⁻¹ MS)	3.848	4.414
Energia metabolizável, ME (Mcal/Kg MS)	2,5	2,8
Ingestão de Matéria Seca IMS (g/dia)	1735,37	1723,37

¹Níveis de garantia por kg do produto: Fósforo: 70 g; Cálcio: 140 g; Sódio: 148 g; Enxofre: 12 g; Magnésio: 1.320 mg; Flúor: 700 mg; Zinco: 4.700 mg; Manganês: 3.690 mg; Ferro: 2.200 mg; Cobalto: 140 mg; Iodo: 61 mg; Selênio: 15 mg; Monensina sódica: 100 mg

3.3 Amostragem e análise do Leite

No ultimo dia de cada período foi coletado uma amostra de leite de cada animal no turno da manhã (6 horas) no horário da ordenha, sendo o leite colocado em eppendorf de 1,5 mL e acondicionados em caixa térmica. O leite foi submetido a uma diluição com água destilada (1980 μ L de água destilada: 20 μ L de leite). Logo após agitado levemente para se fazer uma segunda diluição, na qual foi retirado 500 μ L de cada amostra feita anteriormente e misturado com 50 μ L de colorante Acridina Orange, agitando logo em seguida, retirando dessa proporção 8 μ L da amostra e colocando na câmara de Burkner, tirando 10 fotos de cada amostra a uma objetiva de 40x através do microscópio (Olympus BX53F) com Câmera Olympus (DP73) (Martini et al., 2013). O programa utilizado para fazer as medições e averiguar a quantidade dos GGL foi o Olypus cellSens Dimension (Figura 4).



Figura 4. Glóbulos de Gordura do Leite de cabras observado por microscopia fluorescente com ampliação 400x.

A distribuição de frequência dos glóbulos de gordura de leite medido foi avaliada de acordo com o seu tamanho: serão divididos em três categorias de glóbulos de gordura: glóbulos pequenos (GP) com diâmetro $<2,5 \mu\text{m}$, glóbulos de tamanho médio (GM) com um diâmetro de $2,5$ a $5,5 \mu\text{m}$ e grandes glóbulos (GG) com diâmetro $>5,5 \mu\text{m}$. Desta forma, cada amostra de leite será classificada de acordo com a

porcentagem de glóbulos de gordura do leite que foram incluídos nessas três categorias de tamanho adaptado de Scolozzi et al. (2003).

3.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando diferenças significativas, para o nível de 5% de probabilidade, através do PROC GLM do SAS (2003).

4 Resultados

Os dados foram submetidos a uma análise de interação (Tabela 3) e observou-se que não houve interação significativa ($P>0,05$) para as variáveis estudadas considerando temperaturaxdieta, dessa forma os efeitos foram trabalhados separados (Tabela 4 e 5).

Tabela 3. Valor da significância da temperatura, dieta e interação (temperaturaxdieta) para a produção de leite, gordura e parâmetros do GGL de caprinos da raça Saanen submetidos a duas temperaturas e três níveis de energia na dieta.

Variáveis	Temperatura (T)	Dieta (D)	Interação (TxD)
Produção de leite (kg)	0,981	0,657	0,942
Gordura (%)	0,198	0,011	0,182
Diâmetro do GGL (μm)	0,010	0,011	0,059
-Glóbulo pequeno: menor 2.50 μm (%)	0,202	0,155	0,176
- Glóbulo médio: entre 2.50-5.00 μm (%)	0,440	0,750	0,731
- Glóbulo grande: maior que 5.00 μm (%)	0,581	0,050	0,311
Quantidade (n° de glóbulos $\times 10^9$)	0,759	0,423	0,606

A produção de leite, gordura, quantidade de GGL e classificação (pequeno, médio e grande) não apresentaram efeito significativo de temperatura ($P>0,05$). Já a variável diâmetro apresentou efeito significativo ($P<0,05$) para temperatura (Tabela 4). A maior média do diâmetro foi apresentado na temperatura de 26°C e a menor na temperatura de 34°C. Com o aumento da temperatura observa-se uma redução no diâmetro de 18%.

Tabela 4. Média e desvio padrão da produção de leite, gordura e dos parâmetros do GGL de caprinos da raça Saanen submetidos a duas temperaturas.

Variáveis	Temperatura (°C)		Valor de P
	26	34	
Produção de leite	2,01±0,57	2,01±0,56	0,981
Gordura (%)	2,97±0,27	2,76±0,44	0,199
Diâmetro do GGL (µm)	2,98±0,53a	2,46±0,33b	0,011
-Glóbulo pequeno: menor 2.50 µm (%)	54,70±5,50	58,03±6,34	0,203
- Glóbulo médio: entre 2.50-5.00 µm (%)	37,13±6,11	35,39±4,09	0,441
- Glóbulo grande: maior que 5.00 µm (%)	8,17±3,87	6,58±1,16	0,581
Quantidade (nº de glóbulosx10 ⁹)	0,96x10 ⁹	1,0x10 ⁹	0,759

Glóbulo de gordura do leite = GGL; ^{a,b}letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

A porcentagem de GGL pequeno (em média 56%) foi maior nas diferentes temperaturas do que os GGL médios e os grandes, sendo que a porcentagem de GGL médio é intermediária (em média de 36%) e os GGL grande foram encontrados em menores porcentagens (em média 7%) no leite de cabra.

A gordura do leite, diâmetro e a quantidade de GGL como também a porcentagem de GGL pequeno sofreram influência da dieta ($P<0,05$) (Tabela 5). Com o aumento da energia na dieta a porcentagem de gordura do leite aumentou, ocorreu um aumento de 13% de gordura da dieta baixa para a de alta energia. O diâmetro do GGL diminuiu com o aumento da energia na dieta, na dieta de baixa energia o diâmetro apresentou maior valor e na de alta energia o menor valor, essa redução foi de aproximadamente 19%.

Tabela 5. Média e desvio padrão da produção de leite, gordura e dos parâmetros do GGL de cabras Alpinas submetidas a três níveis de energia metabolizável na dieta.

Variáveis	Dietas			Valor de <i>P</i>
	Baixa	Média	Alta	
Produção de leite	1,91±0,26	1,98±0,77	2,19±0,56	0,6567
Gordura (%)	2,74±0,30b	2,78±0,27b	3,14±0,46a	0,0109
Diâmetro do GGL (µm)	3,14±0,46a	2,65±0,58ab	2,53±0,31b	0,0108
- Glóbulo pequeno: menor 2.50 µm (%)	53,72±3,32	55,72±5,72	59,49±7,46	0,1549
- Glóbulo médio: entre 2.50-5.00 µm (%)	35,59±5,35	35,62±5,44	37,41±5,24	0,7503
- Glóbulo grande: maior que 5.00 µm (%)	10,69±3,78a	8,66±2,94a	3,10±1,99b	0,0496
Quantidade (nº de glóbulosx10 ⁹)	0,89x10 ⁹	1,2x10 ⁹	0,84x10 ⁹	0,4234

Glóbulo de gordura do leite = GGL; ^{a,b}letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

A porcentagem de GGL de tamanho pequeno foi maior do que médio e grande, apresentando em média 55% de GGL pequeno, 35% de tamanho médio e de tamanho grande esteve em torno de 7%. A porcentagem de GGL de tamanho grande diminuiu com o aumento da energia na dieta, a maior porcentagem foi na dieta de baixa energia e a menor na de alta energia. Observa-se que a porcentagem de GGL de tamanho pequeno é maior que os demais.

5 Discussão

O diâmetro do GGL de cabra submetidos a duas temperatura variou de 2,46 a 2,98 µm, portanto apresentou-se na média relatada por outros autores que é de 2,2 – 2,8 µm (Attaie & Richter, 2000; El-Zeini, 2006 e Martini et al., 2013). O GGL possui tamanho menor (3,5 µm) quando comparado ao das vacas (4,5 µm), o que facilita a digestibilidade do leite (Bruhu, 1992; Chadan et al., 1992; Knights & Garcia, 1997; Ceballos et al., 2009).

Brasil et al. (2000) submeteram cabras a uma temperatura alta e observaram que a gordura do leite foi reduzida e esses animais utilizaram os mecanismos termorreguladores para manter a endotermia. Zou et al. (2015) observaram o efeito da temperatura na MGGL após o armazenamento a 4 °C e o reaquecimento à temperatura de 37°C e relataram que os GGL se tornaram maiores e mais numerosos, quando a temperatura diminuiu para 4 °C, enquanto eles se tornaram menores quando a temperatura aumentou para 37 °C. Nguyen et al. (2016) observaram que a temperatura e

a refrigeração afetam o número, o tamanho e a morfologia dos GGL de búfala, em temperaturas baixas o diâmetro é maior do que nas altas temperaturas.

A maior proporção de forragem inserida na alimentação proporciona aumento no teor de gordura do leite, devido a alta concentração de ácido acético no rúmen, pois esse composto é o principal precursor da gordura do leite. Mesilati-Stahy et al. (2015) usando duas proporções de volumoso:concentrado para vacas leiteira, observaram que as vacas que consumiram dieta com maior proporção de concentrado (65%) em relação ao volumoso (35%) apresentaram GGL menores (0,4 μm) que o diâmetro dos GGL das vacas que consumiram dieta com relação volumoso:concentrado menor (35:65). Argov-Argaman et al. (2016) observaram que raças caprinas consumindo diferentes dietas (concentrado e forragem) possuem GGL de tamanho diferenciados, ou seja, os animais que foram alimentados com dieta a base de concentrado tem os GGL menores que os animais que receberam mais forragem.

O leite de cabra apresenta uma maior quantidade de GGL pequenos, sendo que 28% dos GGL são menores do que 1,5 μm , enquanto no leite de vaca este valor é de 10% (Le Jaquen, 1981). De acordo com Martini et al. (2009) 90% dos GGL de cabra são menores que 5 μm . Este fato explica, parcialmente, a melhor digestibilidade do leite de cabra, quando comparado com o leite de vaca (Ribeiro & Ribeiro, 2001). A porcentagem do tamanho dos GGL é uma característica importante para a digestibilidade do leite (Martini et al., 2014). Embora não exista resultados explicativos na literatura, parece que o diâmetro dos GGL tem interferência na forma como a gordura é digerida (Michalski et al., 2005). Os GGL menores provavelmente apresentam os melhores parâmetros digestivos devido à maior superfície de exposição para a ação da lipase (Raynal-Lytovac et al., 2008). Portanto o GGL do leite de cabra é menor que o GGL de vaca, fato que resulta no aumento da digestibilidade e da importância nutritiva do leite de cabra (Arora et al, 2013).

6 Conclusões

A temperatura ambiente e os níveis de energia da dieta interferem no diâmetro dos glóbulos de gordura do leite de cabras e ocorre uma maior concentração de glóbulos de tamanho pequeno (abaixo de 2,0 μm), sendo considerado uma característica importante na digestibilidade e na qualidade do leite de cabra.

7. Referências

- Abismail, B., Canselier, J. P., Wilhelm, A. M., Delmas, H., Gourdon, C. 1999. Emulsification by ultrasound: drop size distribution and stability. **Ultrasonics Sonochemistry**, 6:75–83.
- Amigo, L., Fontecha, J., 2011. Goat milk. In: Fuquay, J. W., Fox, P. F., McSweeney, P.L.H. (Eds). **Encyclopedia of Dairy Sciences**, vol. 3. Second Ed. Elsevier Ltd., Oxford, 484-493.
- Argov-Argaman, N., Smilowitz, J. T., Bricarello, D. A., Barboza, M., Lerno, L., Froehlich, J. W., Lee, H., Zivkovic, A. M., Lemay, D. G., Freeman, S., Lebrilla, B. C., Parikh, A. N., German, J. B. 2010. Lactosomes: Structural and Compositional Classification of Unique Nanometer-Sized Protein Lipid Particles of Human Milk. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 58:11234–11242.
- Argov-Argaman, N., Mbogori, T., Sabastian, C., Shamay, A., Mabjeesh, S. J. 2012. Hyperinsulinemic clamp modulates milk fat globule lipid composition in goats. **Journal of Dairy Science**, 95:5776-5787.
- Argov-Argaman, N., Mesilati-Stahy, R., Magen, Y., Moallem, U. 2014. Elevated concentrate-to-forage ratio in dairy cow rations is associated with a shift in the diameter of milk fat globules and remodeling of their membranes. **Journal of Dairy Science**, 97: 6286-6295.
- Argov-Argaman, N., Hadaya, O., Glasser, T., Muklada, H., Dvash, L., Mesilati-Stahy, R., Landau, S. Y. 2016. Milk fat globule size, phospholipid contents and composition of Milk from purebred and Alpine-crossbred Mid-Eastern goats under confinement or grazing condition. **International Dairy Journal**, 1:1-7.
- Arora, R., Bhojak, N., Joshi, R. 2013. Comparative Aspects of Goat and Cow Milk. **International Journal of Engineering Science Invention**. 2:07-10.
- Attaie, R., Richter, R. L. 2000. Size Distribution of Fat Globules in Goat Milk. **Journal of Dairy Science**, 83:940-944.
- Avramis, C. A., Wang, H., McBride, B. W., Wright, T. C., Hill, A. R. 2003. Physical and Processing Properties of Milk, Butter, and Cheddar Cheese from Cows Fed Supplemental Fish Meal. **Journal of Dairy Science**, 86:2568-2576.
- Bauman, D. E., Mather, H., Wall, R. J., Lock, A. L. 2006. Major advances associated with the biosynthesis of milk. **Journal of Dairy Science**, 89:1235-1243.

- Bhinder, G., Allaire, J. M., Garcia, C., Lau, J. T., Chan, J. M., Ryz, N. R., Bosman, E. S., Graef, F. A., Crowley, S. M., Celiberto, L. S., Berkmann, J. C., Dyer, R. A., Jacobson, K., Surette, M. G., Innis, S. M., Vallance, M. A. 2017. Milk Fat Globule Membrane Supplementation in Formula Modulates the Neonatal Gut Microbiome and Normalizes Intestinal Development. **Scientific Reports**, 1:1-15.
- Brasil, L. H. A., Wechesler, F. S., Júnior, F. B., Gonçalves, H. C., Bonassi, I. A. 2000. Thermal Stress Effects on Milk Yield and Chemical Composition and Thermoregulatory Responses of Lactating Alpines Goats. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 29:1632-1641.
- Bruhn, C. M., Cotter, A., Diaz-Knauf, K., Sutherlin, J., West, E., Wightam, N., Williamson, E., Yaffee, M. 1992. Consumer attitudes and market potential of dairy products utilizing fat substitutes. **Journal of Dairy Science**, 75:2569-2577.
- Carroll, S. M., Depeters, E. J., Taylor, S. J., Rosenberg, M., Perez-Monti, H., Capps, V. A. 2006. Milk composition of Holstein, Jersey, and Brown Swiss cows in response to increasing levels of dietary fat. **Animal Feed Science and Technology**, 131:451–473.
- Ceballos, L. S., Morales, E. R., Adarve, De La T., Castro, J. D., Martines, L. P., Sampelayo, M. R. S. 2009. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. **Journal Food Composition and Analysis**, 22:322–329.
- Chandan, R. C., Attaie, R. Shahani, K. M. 1992. Nutritional aspects of goat milk and its products. Proc. V. Intl. Conf. **on Goats**. New Delhi, India. 2: 399-420.
- Chavan, R. S., Chavan, S. R., Khedkar, C. D., Jana, A. H. 2011. UHT milk processing and effect of plasmin activity on shelf life: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 10:251–268.
- Couvreur, S., Hurtaud, C., Marnet, P. G., Faverdin, P., Peyraud, J. L. Composition of Milk Fat from Cows Selected for Milk Fat Globule Size and Offered Either Fresh Pasture or a Corn Silage-Based Diet. **Journal of Dairy Science**, 90:392-403.
- Deeney, J. T., Valivullah, H. M., Dapper, C. H., Dylewski, D. P., Keenan, T. W. 1985. Microlipid droplets in milk secreting mammary epithelial cells: Evidence that they originate from endoplasmic reticulum and are precursor of milk lipid globules. **European Journal of Cell Biology**, 38:16-26.

- Dewettinck, K., Rombaut, R., Thienpont, N., Le Trung, T., Messens, K., Camp, J. V. 2008. Nutritional and technological aspects of milk fat globule membrane material. **International Dairy Journal**, 18:436–457.
- El-Thakafy, O., Guyomarc'h, F., Lopes, C. 2017. Lipid domains in the milk fat globule membrane: Dynamics investigated in situ in milk in relation to temperature and time. **Food Chemistry**, 220:352–361.
- El-Zeini, H. M. 2006. Microstructure, rheological and geometrical properties of fat globules of milk from different animal species. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, 15/56:147–154.
- Evers, J. M. 2004. The milk fat globule membrane - compositional and structural changes post secretion by the mammary secretory cell. **International of Dairy Journal**, 14:661-674.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Milk fat crystallization in natural milk fat globules, 1987.
- Fong, B. Y., Norris, C. S., Macgibbon, A. K. H. 2007. Protein and lipid composition of bovine milk-fatglobule membrane. **International of Dairy Journal**, 17:275-288.
- German, J. B., Dillard, C. J. 2006. Composition, Structure and Absorption of Milk Lipids: A Source of Energy, Fat-Soluble Nutrients and Bioactive Molecules. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 46:57-92.
- German, J. B. 2011. Dietary lipids from an evolutionary perspective: sources, structures and functions. **Maternal & Child Nutrition**. 7:2–16.
- Graves, E. L. V., Beaulieu, A. D., Drackley, J. K. 2007. Factors Affecting the Concentration of Sphingomyelin in Bovine Milk. **Journal of Dairy Science**, 90:706-715.
- Haenlein, G. F. W., Caccese, R. 1984. Goat milk versus cow milk. **Extension Goat Handbook**, 1:1-4.
- Haramizu, S., Ota, N., Otsuka, A., Hashizume, K., Sugita, S., Hase, T., Murase, T., Shimotoyodome, A. 2014. Dietary milk fat globule membrane improves endurance capacity in mice. **American Journal Physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**, 307:1009–1017.
- Heid, H. W., Keenan, T. W. 2005. Intracellular origin and secretion of milk fat globules. **European Journal of Cell Biology**, 84:245–258.
- Hernell, O., Niklas, T., Magnus, D., Leonnerdal, B. 2016. Clinical benefits of milk fat globule membranes for infants and children. **The Journal of Pediatrics**, 178:60-65.

- Holmes, C. W., I. M. Brookes, D. J. Garrick, D. D. S. Mackenzie, T. J. Parkinson, and G. F. Wilson. 2003. **Milk Production from Pasture**. Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Karlovic, S., Bosiljkov, T., Brncic, M., Semenski, D., Dujmie, F., Tripalo, B., Jezek, D. 2014. Reducing fat globules particle-size in goat milk: ultrasound and high hydrostatic pressures approach. **Chemistry Biochemistry Engineering**, 8:499-507.
- Karray, N., Lopes, C., Ollivon, M., Attia, H. 2005. La matière grasse du lait de dromadaire : composition, microstructure et polymorphisme. Une revue. **Fondamental**, 12:439-446.
- Keenan, T. W., Dylewski, D. P. 1995. Intracellular origin of milk lipid globules and the nature and structure of the milk lipid globule membrane. **Advanced Dairy Chemistry**, 2:89-130.
- Keenan, T. W., Mather, I. H. 2006. Intracellular Origin of Milk Fat Globules and the Nature of the Milk Fat Globule Membrane. **Advanced Dairy Chemistry**, 2:137-171.
- Knights, M., Garcia, G.W. 1997. The status and characteristics of the goat (*Capra hircus*) and its potential role as a significant milk producer in the tropics: A Review. **Small Ruminant Research**, 26:203-215.
- King, J. O. M. 1957. The association between the fat percentage of cows' milk and the size and number of the fat globules. **Journal of Dairy Research**. 24:198-200.
- Le Jaquen, J. C. 1981. Milking and the technology of milk and milk products. In: GALL, C. (Ed.). **Goat production**. London: Academic Press, 345-377.
- Lopez, C., Briard-Bion, V., Menard, O., Rousseau, F., Pradel, P., Besle, J. M. 2008. Phospholipid, sphingolipid, and fatty acid compositions of the milk fat globule membrane are modified by diet. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 56:5226–5236.
- Lopez, C. 2011. Milk fat globules enveloped by their biological membrane: Unique colloidal assemblies with a specific composition and structure. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, 16:391–404.
- Lu, J., Pickova, J., Vázquez-Gutiérrez, J. L., Langton, M. 2018. Influence of seasonal variation and ultra high temperature processing on lipid profile and fat globule structure of Swedish cow Milk. **Food Chemistry**, 239:848–857.

- Mana, P., Goodyear, M., Bernard, C., Toioka, R., Freire-Garabal, M., Linares, D. 2004. Tolerance induction by molecular mimicry: prevention and suppression of experimental autoimmune encephalomyelitis with the milk protein butyrophilin. **International Immunology**, 16:489–99.
- Martini, M., Cecchi, F., Scolozzi, C., Leotta, R., Verità, P. 2003. Milk fat globules in different dairy cattle breeds Part I: morphometric analysis. **Italian Journal of Animal Science**, 2:272-274.
- Martini, M., Scolozzi, C., Cecchi, F., Abramo, F. 2004. Morphometric analysis of fat globules in ewe's milk and correlation with qualitative parameters. **Italian Journal of Animal Science**, 3:55- 60.
- Martini, M., Mele, M., Scolozzi, C., Salari, F. 2008. Cheese making aptitude and the chemical and nutritional characteristics of milk from Massese ewes. **Italian Journal of Animal Science**, 7:419- 437.
- Martini, M., Salari, F., Scolozzi, C. 2009. Goat's milk: morphometric characteristics of fat globules. **Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia**, 60:31-35.
- Martini, M., Liponi, G. B., Salari, F. 2010. Effect of forage: concentrate ratio on the quality of ewe's milk, especially on milk fat globules characteristics and fatty acids composition. **Journal Dairy Research**, 77:239-244.
- Martini, M., Altomonte, I., Salari, F. 2012. The lipid component of Massese ewes' colostrum: Morphometric characteristics of milk fat globules and fatty acid profile. **International Dairy Journal**, 24: 93-96.
- Martini, M., Altomonte, I., Pesi, R., Tozzi, M. G., Salari, F. 2013. Fat globule membranes in ewes' milk: the main enzyme activities during lactation. **International of Dairy Journal**, 28:36-39.
- Martini, M., Salari, F., Altomonte, I. 2016. The macrostructure of milk lipids: The fat globules. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 56:1209-1221.
- Martini, M., Altomonte, I., Sant' Ana Da Silva, A. M., Safari, F. 2017. Fatty acid composition of the bovine milk fat globules obtained by gravity separation. **International Food Research Journal**, 24:148-152.
- Mather, I. H., Keenan, T. W. 1998. Origin and secretion of milk lipids. **Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia**, 3:259–273.
- Mcmanaman, J. L., Russell, T. D., Schaack, J., Orlicky, D. J., Robenek, H. 2007. Molecular determinants of milk lipid secretion. **Journal Mammary Gland Biology Neoplasia**, 12:259–268.

- Meena, S., Rajput, Y. S., Sharma, R. 2014. Comparative fat digestibility of goat, camel, cow and buffalo Milk. **International Dairy Journal**, 35:153-156.
- Mehaia, M. A. 1995. The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk. **Milchwissenschaft**, 50:260-263.
- Ménard, O., Ahmad, S., Rousseau, F., Briard-Bion, V., Gaucheron, F., Lopez, C. 2010. Buffalo vs cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. **Food Chemistry**, 120:544–551.
- Mesilati-Stahy, R., Moallem, U., Magen, Y., Argov-Argaman, N. 2015. Altered concentrate to forage ratio in cows ration enhanced bioproduction of specific size subpopulation of milk fat globules. **Food Chemistry**, 179:199–205.
- Mezouari, S., Pouliot, Y., & Britten, M. (2009). Lipids from the milk fat globule membrane as a health ingredient: Composition, properties and technological aspects. **Dairy-Derived Ingredients**, 344–367.
- Michalski, M. C, Briard, V., Miche, F. 2001. Optical parameters of milk fat globules for laser light scattering measurements. **Le lait**, 81:786-796.
- Michalski, M. C., Cariou, R., Michel, F., Garnier, C. 2002. Native vs. Damaged Milk Fat Globules: Membrane Properties Affect the Viscoelasticity of Milk Gels. **Journal Dairy Science**, 85:2451–2461.
- Michalski, M.C., Briard, V., Desage, M., Geloën, A., 2005a. The Dispersion State Of Milk Fat Influences Triglyceride Metabolism In The Rat - A 13co2 Breath Test Study. **European. Journal on Nutrition**, 44:436-444.
- Mulder, H., Walstra, P. 1975. The milk fat globule. Emulsion science as applied to milk products and comparable foods. **Molecular Nutrition & Food Research**, 19:380-381.
- Ngyen, H. T. H., Madec, M. N., Ong, L., Kentish, S. E., Gras, S. L., Lopez, C. 2016. The dynamics of the biological membrane surrounding the buffalo milk fat globule investigated as a function of temperature. **Food Chemistry**, .204:343–351.
- NRC. National Research Council: Nutrient Requeriments of Small Ruminants. 2007 1.ed. Washington, DC, USA: National Academy Press, 362p.
- Ollivier-Bousquet, M. 2002. Milk lipid and protein traffic in mammary epithelial cells: joint and independent pathways. **Reproduction Nutrition Development**, 42:149–162.

- Ong, L., Dagastine, R. R., Kentish, S. E., Gras, S. L. 2010. The effect of milk processing on the microstructure of the milk fat globule and rennet induced gel observed using confocal laser scanning microscopy. **Journal of Food Science**, 75:135-145.
- Park, Y. W., Chukwu, H. I. 1989. Trace Mineral Concentrations in Goat Milk from French-Alpine and Anglo-Nubian Breeds during the First 5 Months of Lactation. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2:161- 169.
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G. F. W. 2007. Physico – chemical characteristics of goat and sheep Milk. **Small Ruminant Research**, 68:88-113.
- Pellerin, P. Goat's milk in nutrition. 2001. **Annales Pharmaceutiques Francaises**, 59:51-62.
- Pisanu, S., Marogna, G., Pagnozzi, D., Piccinini, M., Leo, G., Tanca, A., Roggio, A. M., Roggio, T., Uzzau, S., Addis, M. F. 2013. Characterization of size and composition of milk fat globules from Sarda and Saanen dairy goats. **Small Ruminant Research**, 109:141-151.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y., 2008. Composition of goat and sheep milk products: an update. **Small Ruminant Research**. 79:57-72.
- Ribeiro, E. L. A., Ribeiro, H. J. J. S. 2001. Uso nutricional e terapêutico do leite de cabra. Semina: **Ciências Agrárias**, 22:229-235.
- Riccio, P. (2004). The proteins of the milk fat globule membrane in the balance. **Trends Food Science Technology** 15: 458–461.
- Salari, F., Altomonte, i., D' Aurea, M., Martini, M. 2018. Milk quality of Assaf ewes raised in Central Italy (Tuscany). **Large Animal Review**, 24:37-40.
- Schnabl, K. L., Van Aerde, J. E., Thomson, A. B. Clandinin, M. T. 2008. Necrotizing enterocolitis: a multifactorial disease with no cure. **World Journal Gastroenterol**, 14:2142–2161.
- Scolozzi, C., Martini, M., Abramo, F. 2003. A method for identification and characterization of ewe's milk fat globules. **Milchwissenschaft**, 58:490-493.
- Singh, H., Gallier, S. 2017. Nature's complex emulsion: The fat globules of Milk. **Food Hydrocolloids**, 68:81-89.
- Smolenski, G., Haines, S., Kwan, F. Y., Bond, J., Farr, V., Davis, S. R., Stelwagen, K., Wheeler, T. T. 2007. Characterisation of host defence proteins in milk using a proteomic approach. **Journal of Proteome Research**, 6:207–215.

- Yao, Y., Zhao, G., Yand, Y., Mu, H., Jin, Q., Zou, X., Wang, X. 2016. Milk fat globules by confocal Raman microscopy: Differences in human, bovine and caprine Milk. **Food Research International**, 80:61–69.
- Walstra, P. 1969. Studies on milk fat dispersion. The globule size distribution of cow's milk. **Netherlands Milk and Dairy Journal**, 28:3-9.
- Walstra, P. 1995. Physical chemistry of milk fat globules. In: Advanced Dairy Chemistry. Vol. 2, 3 ed., **Lipids**. pg. 131–178.
- Wiking, L., Bjorck, L., Nielsen, J. H. 2003. Influence of feed composition on stability of fat globules during pumping of raw milk. **International Dairy Journal**, 13:797–803.
- Wooding, F. B., Mather, I. H. 2017. Ultrastructural and immunocytochemical evidence for the reorganisation of the milk fat globule membrane after secretion. **Cell Tissue Research**, 367:283–295.
- Zamora, A., Guamis, B., Trujillo, A. J. 2009. Protein composition of caprine milk fat globule membrane. **Small Ruminant Research**, 82:122–129.
- Zou, X., Guo, Z., Jin, Q., Huang, J., Cheong, L., Xu, X., Wang, X. 2015. Composition and microstructure of colostrum and mature bovine milk fat globule membrane. **Food Chemistry**, 185:362–370.